

DISKUSSIONSFORUM

Paradigmenwechsel ohne Revolution: Ubiquitous Computing als Steigerungstechnologie

Zu einigen Kategorien der Technikgeschichte

von Andreas Kaminski und Stefan Winter¹,
TU Darmstadt

In der Informationstechnologie und Informatik spielt sich gegenwärtig unter dem Titel „Ubiquitous Computing“ eine tiefgreifende Veränderung ab, die es rechtfertigt als Paradigmenwechsel bezeichnet zu werden. Mit einem Paradigmenwechsel wird jedoch eine wissenschaftliche oder technische Revolution verbunden, das heißt, eine markante Zäsur. Demgegenüber ist unsere These, dass es sich beim Ubiquitous Computing um eine auf Steigerung angelegte Technologie handelt. Sowohl auf der konzeptuellen (Kontextsensitivität, Adaptivität, Lernen, Intelligenz) als auch auf der technischen Entwicklungsebene (Sensorik, Vernetzung, Miniaturisierung) geht es um ein „Mehr“, aber nicht um einen (technischen) Durchbruch, mit dem das Ubiquitous Computing beginnt. Der Übergang zum Ubiquitous Computing verläuft daher so, wie die Technik selbst auch funktionieren soll: unmerklich.

1 Einleitung

Technologien sind zur zentralen Narrations- und Gliederungsform von Geschichte geworden – vor allem solcher, die nicht von Historikern erzählt wird. In den Massenmedien, im Alltag und quer durch die Wissenschaften werden Epochen durch Technologien definiert. Die Rede vom Atom- oder Informations-, vom Bio- oder Nano-Zeitalter ruft keine Verwunderung hervor. *Wann* eine Epoche beginnt und *was* sie ist, wird v. a. durch solche Technologien begründet. Dabei ist es zu einer Selbstverständlichkeit v. a. der „naiven“ Geschichtsschreibung geworden, dass der epochale Übergang im Modus der Revolution

erfolgt. Die Rede von der nanotechnischen, biotechnischen oder digitalen Revolution impliziert eine scharfe Zäsur, jenseits derer die Welt anders sein wird. In dieser Weise wird sogar prospektiv Geschichte geschrieben. So faszinierend dieser Konnex von Technologie und Geschichte für sich genommen ist, so wenig vermag diese Quasi-Historiographie in der Regel an analytischer Schärfe zu gewinnen. Die meisten derartigen „Geschichten“ werden gleichsam en passant erzählt und stehen irgendwo zwischen den Textsorten Diagnose, Manifest, Prognose und Werbetext. Inzwischen werden technische Revolutionen recht routiniert ausgerufen und zur Kenntnis genommen.²

Dass Technologien eine große, die Formen etwa des Denkens wie der Sozialität, des Fühlens wie der Zeiterfahrung verändernde Kraft inneohnt, hat viel Evidenz für sich – so schwierig auch der konkrete Nachweis, wie sich was durch sie verändert, ausfallen mag. Ein konzeptuelles Hindernis in der Erforschung der durch Technologien induzierten Veränderungen stellen dabei Formeln wie die der „technischen Revolution“, der „neuen Welt“ oder „Ära“ dar. Nimmt man das moderne politische Konzept der Revolution ernst, dann wird deutlich, wie wenig geeignet es ist, um technologische Veränderungen zu beschreiben (vgl. dazu Koselleck 1979, S. 70 f.). In der Regel koexistieren beispielsweise verschiedene Technologien neben- und miteinander. Ein Feld ändert sich, wenn eine neue Technologie hinzutritt, aber nicht alle „alten Zöpfe“ werden damit abgeschlagen. Es verwundert daher, wie unausgearbeitet die „Beschreibungssprache“ ist, die gewählt wird, um solche Veränderungsprozesse zu begreifen.

An dieser Stelle setzen wir an. Unsere Intention ist: Für eine neue Informationstechnologie, nämlich das Ubiquitous Computing, wollen wir die Frage diskutieren, wie die *Veränderung* zu beschreiben ist. Unsere These ist: Die Revolutionssemantik ist gänzlich ungeeignet, um die hierbei stattfindenden Veränderungen zu begreifen. Ubiquitous Computing ist ein „Steigerungsparadigma“. Es gibt damit weder einen klaren Anfang noch einen final erreichbaren Zustand. Der Übergang zum Ubiquitous Computing (UbiComp) vollzieht sich vielmehr so, wie diese Technologie

auf der Konzeptebene auch funktionieren möchte: unmerklich, unauffällig, unspürbar.

Unser Aufsatz gliedert sich wie folgt. Zunächst (2) stellen wir dar, welche Dimensionen beim Ubiquitous Computing, und zwar gerade in historischer Perspektive, zu unterscheiden sind. Danach (3) bestimmen wir die Bereiche, in denen sich UbiComp von bisheriger Informationstechnik unterscheidet. Anschließend (4) gehen wir auf die Historiographien aus dem Informatik-Umfeld ein, auf die man beim Ubiquitous Computing in großer Zahl stößt. Nach einer Kritik dieser Selbstbeschreibungen entwickeln wir (5) unsere These vom **Ubiquitous Computing als Steigerungstechnologie**. Abschließend (6) geben wir einen Ausblick auf weitere Forschungsperspektiven.

2 Was ist Ubiquitous Computing?

Versucht man zu erläutern, was Ubiquitous Computing ist, steht man vor dem Problem, dass es mehrere Dimensionen umfasst, die (a) unterschiedlich und (b) dennoch aufeinander bezogen sind und dabei (c) in einer Spannung zueinander stehen.

(a) Die verschiedenen Dimensionen des Ubiquitous Computing ...

Ubiquitous Computing ist einerseits der Name für eine Vision in der Informationstechnik, für eine neue Idee von Computing. Andererseits ist UbiComp bereits gegenwärtig massive Wirklichkeit in der Forschung und Entwicklung an zahlreichen Informatiklehrstühlen und in vielen IT-Unternehmen. Zudem existieren heute schon verschiedene technische Anwendungen, welche UbiComp-Konzepte realisieren. Das führt dazu, dass die jeweilige Referenz angegeben werden muss: Spricht man über die Vision und Idee des Ubiquitous Computing, über die aktuelle Forschung und Entwicklung oder über existierende technische Anwendungen? Je nachdem, worauf referenziert wird, ergibt sich ein anderes Verständnis von dem, was Ubiquitous Computing ist.

(b) die gleichwohl nicht isolierbar sind ...

Auch wenn sich Ubiquitous Computing in diese verschiedenen Dimensionen differenziert, kann keine dieser Dimensionen isoliert für sich betrachtet werden. Vielmehr stellen sie füreinander

den jeweiligen Sinnhorizont dar. So gibt es gegenwärtig zwar technische Anwendungen, welche UbiComp-Konzepte wie Kontextsensitivität und -adaptivität realisieren. Es gibt allerdings, gemessen an der Idee, kein Ubiquitous Computing. Denn dieser Idee nach geht es um eine ubiquitäre, den Alltag durchdringende und begleitende Informationstechnik, die dabei dennoch unmerklich im Hintergrund bleiben soll. Eine Vielzahl von IT-Komponenten soll (ad hoc) miteinander vernetzt im Hintergrund kommunizieren. Es kann daher gar keine einzelne technische UbiComp-Anwendung und auch kein UbiComp-Gerät geben; dies wäre ein Widerspruch in sich. Auch die aktuelle Forschung und Entwicklung arbeitet gemessen an dieser Vision nur an Ausschnitten: Zumeist werden spezifische Anwendungskontexte wie das Wohnen in intelligenten Häusern, die Unterstützung älterer Menschen („Independent Aging“), Einsatzmöglichkeiten in der Logistik oder die Unterstützung des Fahrers durch intelligente Assistenzsysteme behandelt. Sowohl die aktuelle Forschung wie auch existierende Anwendungen sind daher vor dem Hintergrund der Idee zu betrachten, andernfalls verlieren sie ihre spezifische UbiComp-Perspektive, welche sie mitmotiviert. Umgekehrt wird die Idee des Ubiquitous Computing durch die aktuelle Forschung sowie durch realisierte technische Anwendungen gefärbt. Sie konkretisieren und akzentuieren sie jeweils neu.

Das Problem lässt sich auch so formulieren: Spricht man über die Gegenwart des Ubiquitous Computing, dann verfehlt man, dass es gegenwärtig kein Ubiquitous Computing gibt. Spricht man nur über die Zukunft, dann klammert man die bereits bestehende Wirklichkeit von UbiComp aus und riskiert zudem, die äußerst graue Bibliothek „Unsere bunte Welt in 20 Jahren“ um ein Exemplar zu „bereichern“. Die verschiedenen Zeitschichten müssen zwar unterschieden, aber dennoch aufeinander bezogen werden.

(c) ... und zueinander in einer gewissen Spannung stehen

Unterscheidet man diese Dimensionen und bezieht sie dennoch aufeinander, dann wird allerdings deutlich, dass sie sich nicht kohärent zueinander verhalten. So wird bei der Vision des Ubiquitous Computing regelmäßig die Unmerklichkeit von IT als Ziel angegeben, wogegen ak-

tuelle Anwendungen, die UbiComp-Konzepte umsetzen (etwa neue Smartphones oder Fahrerassistenzsysteme), alles andere als unauffällig sind – und das vielleicht nicht nur, weil sie neu und fremd sind. Die Technik und die Interaktionen mit ihr sind spektakulär. Ein anderes Beispiel: Ob Marc Weiser im Gründungsdokument des Ubiquitous Computing an personalisierte oder besonders ausgezeichnete Devices dachte, bleibt offen; ausdrückliche Hinweise darauf fehlen jedenfalls (Weiser 1991). In der aktuellen Forschung und Entwicklung von Devices spielt dagegen die Personalisierung eine große Rolle (Encarnação et al. 2007, S. 8). Die Forschung orientiert sich daher zwar an der Vision, sie ist aber nicht die Umsetzung eines feststehenden Programms, sondern vielfach pragmatisch technik- und anwendungsgetrieben.

UbiComp muss also (a) einerseits in Dimensionen differenziert werden, andererseits (b) lassen sich diese nicht isolieren, wobei sie schließlich (c) in einer produktiven Spannung zueinander stehen. Wir stellen diese Bemerkung zur komplexen Gegebenheitsweise des Ubiquitous Computing unserer Darstellung voran, um den Gegenstand zu strukturieren. Andererseits wird diese komplexe Sachlage später noch die Begründung unserer These, Ubiquitous Computing sei eine Steigerungstechnologie, präzisieren.

3 Die Andersheit des Ubiquitous Computing

Trotz der genannten Zweifel daran, dass die Veränderung, welche mit Ubiquitous Computing bezeichnet wird, als Revolution zu bestimmen ist, handelt es sich um eine markante Veränderung der IT. Wir markieren daher im Folgenden die Bereiche, in denen eine Veränderung stattfindet, ohne diese Veränderung selbst zu kategorisieren.

1. *Ubiquität*: Ubiquitous Computing – **allgegenwärtige Computer**: Der Titel ist Programm. Computer, die in vielfältigen Anwendungskontexten verfügbar sein sollen und die sich deshalb nicht nur mit Bildschirm und Tastatur auf dem Schreibtisch finden, sondern in alle denkbaren Alltagsgegenstände „einwandern“ und sie mit möglichen Funktionen der Informationstechnologie anreichern. Potenzielle

Anwendungsbereiche lassen sich daher nahezu beliebig vervielfältigen: Arbeitswelt, Verkehr, Gesundheit, Lernen, Tourismus, Werbung, Logistik, Socialising, Wohnen und so weiter. In jedem dieser Bereiche ließen sich wiederum die möglichen Anwendungsszenarien ohne prinzipielle Grenze vervielfachen. Ubiquität ist folglich eine Zielbestimmung des Ubiquitous Computing.

2. *Unmerklichkeit*: Ein anderes Merkmal lautet Unmerklichkeit. Informationstechnologie soll unauffällig, unmerklich, unspürbar werden. Sie soll zwar allgegenwärtig sein, dabei aber nicht in Erscheinung treten. Unmerklichkeit ist ein vieldeutiger Begriff. Wir können ihn mit Blick auf UbiComp wie folgt spezifizieren:
 - a) *Habitualisierung*: Gewohnheiten sind uns verborgen, Habitualisierung führt zu Unmerklichkeit. Zwar tendiert jegliche Technik im Alltag dazu, sich in Gewohnheit zu verkörpern und dadurch genauso unmerklich zu werden wie andere Gewohnheiten auch (Merleau-Ponty 1945, Kaminski 2008; ders. 2010). Gleichwohl wird mit UbiComp der Anspruch verbunden, möglichst intuitive und damit leicht habituaisierbare Informationstechnologie zu entwickeln. Die ersten Nutzer von PCs wurden noch in zahlreiche fremdartige Aktivitäten einbezogen, die mit ihrem eigentlichen Zweck nichts zu tun hatten (etwa die Steuerung mittels textbasierter Kommandozeile). UbiComp setzt dagegen auf „natürliche“ Interaktion.
 - b) *Miniaturisierung*: Die Entwicklung von UbiComp ist gebunden an den fortschreitenden Trend der Miniaturisierung von Informationstechnologie (Mattern 2007a, S. 11). Diese Miniaturisierung stellt eine gänzlich andere Form der Unauffälligkeit oder gar Unspürbarkeit dar: Sensoren, die schwer wahrnehmbar in Räume, Dinge oder in Kleidung integriert sind, kleine Etiketten (etwa RFID), welche zur Identifikation von Dingen, Personen und deren Lokalisation eingesetzt werden können (Fleisch et al. 2005; Wright, Steventon 2007).
 - c) *Unmerklicher Input/Output*: Klassische Technik verbirgt die Funktionsabläufe in

der Black Box (Hubig 2002, S. 13). Gegenüber dieser klassischen Verborgenheit klassischer Technik werden bei der UbiComp-Technologie vermehrt auch Input und Outputs unmerklich. Adaptive, autonome Agenten agieren hier für ihre Nutzer. Das bedeutet, dass nicht mehr sichergestellt ist, dass Nutzer wissen, dass UbiComp-Systeme „für sie“ agiert haben – sei es, dass in einem „intelligenten Haus“ die Temperatur geändert wurde, die Pflanzen gegossen oder eingehende Anrufe blockiert wurden, weil man sich gerade in einer Besprechung befand. In solchen Fällen ist nicht nur der Funktionsablauf in der Black Box, sondern der maschinelle Output selbst der Auffälligkeit entzogen.

Ähnliches findet auch dann statt, wenn die Vorformung des Outputs nicht mehr erkennbar ist, etwa wenn angebotene Informationen oder Empfehlungen eines Recommender-Systems nicht als spezifisch – auf der Basis eines Nutzerprofils – zugeschnittene Informationen oder Empfehlungen erkennbar sind (Wiegerling et al. 2008, S. 75).

3. *Sensorik*: Um sowohl Ubiquität als auch Unmerklichkeit zu erreichen, müssen Kontext und Nutzer in UbiComp-Systemen repräsentiert werden. Dafür müssen Daten über sie vorliegen, und zwar viele, um eine möglichst genaue Anpassung an Nutzer und Kontext zu erreichen. Diese Daten dürfen aber nicht durch den Nutzer explizit eingegeben werden müssen. Ansonsten würde die intendierte „Unmerklichkeit“ und „Unaufwendigkeit“ sowie die dadurch erreichte ubiquitäre Einsatzmöglichkeit der Technologie konterkariert. Viele Daten sind also nötig, um in allen möglichen Kontexten eingesetzt werden zu können, diese Daten dürfen Nutzer aber nicht durch explizite Eingabe jeweils liefern müssen. Aus diesem Grund spielt die Sensorik in UbiComp-Systemen eine große Rolle. Durch sie werden die benötigten Kontext- und Nutzerdaten ermittelt, die eine Repräsentation von Kontext oder Nutzer gestatten.
4. *Implizite Kommunikation*: Sensoren verändern allerdings die Kommunikation zwischen

Nutzer und Technik. Sie wird implizit. Was herkömmliche Rechnersysteme in der Interaktion als solche erkennbar werden lässt, sind explizite Ein- und Ausgaben. „Eingaben“ in ubiquitäre Systeme sollen nicht mehr explizit, sondern implizit, stillschweigend oder gar unspürbar vollzogen werden (Schmidt 2007).

Doch nicht nur die Eingabe, auch die Weitergabe der Daten erfolgt, ohne dass Nutzer dazwischen „geschaltet“ werden: durch Maschine-Maschine-Kommunikation. Sensorik und damit implizite „Interaktion“ sowie Maschine-Maschine-Kommunikation erfüllen die konträren Bedingungen sowohl ubiquitärer als auch unmerklicher Informationstechnologie.

5. *Konzepttechniken*: UbiComp ist an eine Reihe von Konzepttechniken gebunden wie Adaption, Intelligenz, Lernen, Selbstorganisation oder gar Autonomie. Was bedeuten sie? Sensoren ermöglichen die Erfassung von Kontext- und Nutzerdaten. Aber die Daten selbst stellen noch kein Kontextmodell oder Nutzerprofil dar. Die Daten müssen also verarbeitet werden, um Modelle zu bilden und zu erschließen, wie das System agieren soll. Erst im Zusammenspiel von Sensordaten und maschinellen Lernverfahren³ werden Kontexte und Nutzer erkannt, d. h. modellhaft repräsentiert. Auf der Grundlage solcher Modelle können dann geeignete Aktionen von UbiComp-Systemen gewählt werden.

Da maschinellen Lernverfahren auch zur Lösung von Problemen eingesetzt werden können, für welche bislang keine Lösung vorimplementiert ist, wird hierbei auch von „intelligenten Systemen“ gesprochen – obgleich man sagen muss, dass der Intelligenzbegriff in der UbiComp-Forschung mehr verwendet als definiert und diskutiert wird (vgl. Encarnação et al. 2007, S. 5; Gurevych, Mühlhäuser 2008, S. xxxiii; Mühlhäuser, Gurevych 2008, S. 3).

„Autonomie“ ist ähnlich wie Intelligenz oder Lernen ein suggestives Wort. Analysiert man, wie der Ausdruck in UbiComp-Texten verwendet wird, dann stellt sich heraus, dass unter einem autonomen System irgendeine Form von Unabhängigkeit verstanden wird. Sie kann die Energieversorgung (s. Acatech 2009, S. 35), die

Erbringung bestimmter Leistungen (z. B. im Silent Commerce „**autonomous purchasing objects**“, vgl. von Locquenghien 2006, S. 68) oder die Ausführung bestimmter Aktionen betreffen, welche weder von anderen Systemen noch von Personen unmittelbar veranlasst werden (z. B. die Notbremsung durch ein Fahrassistenzsystem, vgl. Weyer 2006, S. 8).

Autonomie, Lernen, Intelligenz, Kontextsensitivität ermöglichen die Adaptivität von UbiComp-Systemen. Adaptivität bedeutet, dass eine Anpassung des Systems an den jeweiligen Kontext und Nutzer durch das System selbst vorgenommen wird (Leutner 2002). Damit schließen wir die Darstellung der Bereiche, in denen UbiComp eine Veränderung einführt.

4 Historische Selbstbeschreibungen

Ubiquitous Computing stellt einen Paradigmenwechsel dar, wie deutlich geworden sein sollte. Wird es mit dem klassischen PC verglichen, dann treten die Unterschiede deutlich hervor. Die Frage ist nun, auf welche Weise der Wechsel erfolgt. In der Informatik wird von einer „Revolution“ gesprochen. Ubiquitous Computing sei eine Revolution – in Bezug auf das Automobil (Herrtwich, Holfelder 2001, S. 39), die Praxis des Lernens (Lyarder 2008, S. 534), Logistik und Produktion (Intelligente Objekte 2009, S. 20).

„Was kommt hier auf uns zu? Vermutlich Gewaltiges [...]. Noch aber sind wir nicht im Zeitalter des Ubiquitous Computing angekommen, sondern befinden uns erst in der Ära des ‚personal computing‘.“ (Mattern 2003, S. 2)

Das Erscheinen dieser Technologie wird einer Explosion gleichgesetzt. „Es kommt mir so vor“, heißt es, „als sei das rasante Wachstum des WWW nur der Zündfunke einer viel gewaltigeren Explosion gewesen. Sie wird losbrechen, sobald die Dinge das Internet nutzen.“ (Gershenfeld, zit. n. Mattern 2003, S. 3)

„Revolution“, „Explosion“, neues „Zeitalter“ – diese Formeln implizieren eine scharfe Zäsur, einen Bruch. Eine Revolution bedeutet einen laut artikulierten, einen auffälligen, weit hin sichtbaren sowie schlagartigen Wandel. Die eingangs eingeführte Unterscheidung verschiede-

ner Dimensionen des Ubiquitous Computing wird nun hilfreich. Diese Merkmale treffen auf die *Idee* des Ubiquitous durchaus zu. Die Vision wird laut artikuliert, ist auffällig. Schlagartig verliert das klassische PC-Paradigma an Zugkraft. Die Merkmale treffen allerdings nur auf diese Dimension des Ubiquitous Computing zu, nicht auf die *Forschung und Entwicklung* oder auf *existierende Techniken*. Für die Forschungs- und Entwicklungsdimension ist die Revolutionssemantik kaum angemessen. Hinweise darauf finden sich auch in den UbiComp-Texten selbst. Sie artikulieren sich allerdings inkonsequent, da dort diese Differenzierungsmöglichkeit in die genannten Dimensionen nicht zur Verfügung steht. Stattdessen wird dem Revolutionsbegriff ein paradoxes Attribut vorangestellt:

„Der Technologietrend zeigt eindeutig in Richtung einer umfassenden Informatisierung der Welt. Die dadurch induzierten Veränderungen geschehen allerdings nicht über Nacht, vielmehr handelt es sich bei diesem Prozess um eine schleichende Revolution.“ (Mattern 2003, S. 36)

Eine Revolution also, aber eine, die eigentlich nicht als Revolution auftritt, sondern schleichend und eher langwierig, leise, nicht auffällig: „Die digitale Revolution hat – vielleicht noch weithin unbemerkt – eine neue Qualität erreicht.“ (Intelligente Objekte 2009, S. 8)

Diese Art von Revolution soll sich so unbemerkt vollziehen, dass wir sogar schon mitten drin sind, ohne es zu wissen: „Die zunehmende Informatisierung des Alltags ist allerdings ein schleichender Prozess, den wir kaum wahrnehmen. Tatsächlich interagieren wir bereits heute, im Zeitalter von Mobiltelefonen, computergesteuerten Haushaltsgeräten, ‚smarten‘ Fahrzeugen und digitaler Unterhaltungselektronik, täglich mit Hunderten von Computern, ohne dass wir uns dieser Tatsache wirklich bewusst sind: Wir fahren Auto, waschen Wäsche, machen Kaffee, verwenden Aufzüge, hören Musik oder telefonieren; und jedes Mal nutzen wir dabei ‚versteckte‘ Computersysteme, die uns diese Tätigkeiten bequemer und sicherer durchführen lassen als früher.“ (Mattern 2007b, S. V)

Die Rede von einer „schleichenden Revolution“ ist ein Versuch, mit der Unangemessenheit der Revolutionssemantik in Bezug auf den Über-

gang zum Ubiquitous Computing umzugehen. Sie ist ein Hinweis auf die konzeptuellen Mängel, aber nicht deren Lösung.

Es finden sich nun drei gleichsam kanonisch erzählte Historiographien, wie es zur schleichen- den UbiComp-Revolution gekommen ist. Wir stellen diese Historiographien kurz dar, da sie begründen, warum das Konzept „Revolution“ so wenig geeignet ist, um den Übergang zum Ubiquitous Computing zu erfassen.

1. *Historiographie: Immer mehr.* Die erste Geschichte erzählt die Entwicklung, wie es zum Ubiquitous Computing kommt, entlang der Zunahme von IT-Geräten pro Nutzer. In der „Mainframe-Ära“ gab es einen Großrechner für viele Personen. Ihr folgte die PC-Ära, in der eine Person einen Computer hat. Auf die PC-Ära folgt schließlich das Ubiquitous Computing. Auf eine Person kommt eine anwachsende Zahl von IT-Geräten⁴: PCs, Notebooks, Netbooks, Handys und Smartphones, PDAs und eine Vielzahl an schon in Geräte integrierter IT in Waschmaschinen, Autos, Mikrowellen, Fernsehern und so weiter.

Dass die Informationstechnik zunehmend die Umwelt durchdringt, ist sicherlich eine zutreffende Aussage, aber sie gibt noch wenig an die Hand, wie sich diese Zunahme entwickelt. Daher wird häufig in Ergänzung zu dieser historischen Linie eine zweite gezogen. Sie sieht den entscheidenden Entwicklungstrend nicht allein in der Zunahme, sondern auch in der bereits genannten Miniaturisierung der Informationstechnik.

2. *Historiographie: Immer kleiner.* In der Mainframe und der PC-Ära war Informationstechnik allfällig sichtbar. Mainframe-Rechner füllen ganze Räume aus. Sie beeindrucken auch heute durch ihre Größe. Beim Desktop-PC stand auf einem Schreibtisch ein mehr oder minder großer Monitor, davor lag eine Tastatur und eine Maus als Eingabegeräte, in der Nähe davon stand der eigentliche PC mit gut sichtbarem Gehäuse. Mit dem Übergang zum Ubiquitous Computing verliert Informationstechnik an Sichtbarkeit, und zwar durch Miniaturisierung. Ihre drastische Verkleinerung ermöglicht es, das, was vor zehn Jahren in einer auffälligen Kiste neben dem Schreibtisch

stand, in einem Smartphone zu verstecken. Auch diese historische Selbstbeschreibung ist nicht falsch, aber auch sie ist einseitig, sie bleibt zu sehr auf die Hardware beschränkt. Es ist eine wichtige Voraussetzung für das Ubiquitous Computing, dass Informationstechnik zunehmend kleiner wird, aber auch das führt an wichtigen Merkmalen von UbiComp vorbei. Denn es sind ja nicht immer kleinere PCs, die man hat, sondern Informationstechnik, die häufig viel spezifischer für bestimmte Anwendungskontexte entwickelt wird. Die Geschichte der Entwicklung zu UbiComp wird deshalb auch noch anders erzählt.

3. *Historiographie: Immer smarter.* Im Mittelpunkt dieser dritten historischen Linie stehen primär nicht Veränderungen der Hardware, ihre Vermehrung oder ihre Miniaturisierung, sondern konzeptuelle Errungenschaften im Verbund mit Hardware-Entwicklungen sowie die Vernetzung der Informationstechnologie. Dazu gehören die soeben besprochenen Konzepte: Kontextsensitivität, Adaptivität, Autonomie, Lernen, Intelligenz. Indem ubiquitäre Informationstechnik lernt, intelligent schließt und handelt, sich neuen Kontext autonom adaptiert, soll IT in den Hintergrund treten und auf ganz andere Weise unsichtbar werden, nämlich nicht durch bloße Miniaturisierung, sondern vielmehr, wie beschrieben, dadurch, dass sie unsere Aufmerksamkeit nicht mehr fordert, da sie intelligent und lernbereit im Hintergrund assistiert.

Alle drei Historiographien laufen auf das Ubiquitous Computing zu. Dabei stellt sich die Frage, wann ist Informationstechnologie ubiquitär (*immer mehr*), miniaturisiert (*immer kleiner*) und adaptiv/intelligent/autonom (*immer smarter*) genug, dass die Ära des Ubiquitous Computing anbricht? Wann kommt es zum Knall?

5 UbiComp als Steigerungstechnologie

20 Jahre ist es nun her, dass Mark Weiser Idee und Begriff des Ubiquitous Computing durch seinen Aufsatz „*The Computer for the 21st Century*“ initiierte (Weiser 1991). UbiComp wurde in der Folge ein Gegenstand zunehmend inten-

siver Forschung. Viele erfolgreiche Entwicklungen in den Bereichen Sensorik, Miniaturisierung, Mobilität, Bedienbarkeit von Software (Usability) werfen die Frage auf: Wann findet die Revolution statt? Die bisherige Darstellung von UbiComp läuft auf zwei Ergebnisse hinaus. Erstens, eine Revolution gibt es nicht und wird es nicht geben, da, zweitens, UbiComp auf allen Ebenen als „Steigerungstechnologie“ angelegt ist:

Technisch gesehen ist weder ein eindeutiger Anfang noch ein finaler Zielpunkt zu erkennen. Die Miniaturisierung von UbiComp-Komponenten wie Sensoren, Recheneinheiten und Aktoren kennt keinen Zielzustand. UbiComp-Komponenten können *kleiner*, *miniaturisierter* werden. Die Maschine-Maschine-Kommunikation lässt ebenfalls ein fortlaufendes Mehr zu: UbiComp-Komponenten werden *vernetzter*. Diese Entwicklung ist ebenso *steigerbar* wie die der Sensordichte und -präzision. Eine Folge davon ist wiederum die Zunahme an impliziten „Interaktionen“ im Verhältnis zu expliziten Dateneingaben.

Konzeptuell ergibt sich der gleiche Befund. UbiComp-Systeme werden *adaptiver*, sie passen sich häufiger und genauer ihren Kontexten an. Sie werden *lernender*, statt eines vorab implementierten Modells wird der Kontext häufiger durch lernende Algorithmen dynamisch modelliert. Sie agieren in der Folge *autonom* und *intelligenter*.

Auch die Momente des zentralen Spannungsbogens, Ubiquität und Unspürbarkeit, weisen diese Beschaffenheit auf. Die Anwendungskontexte lassen sich vervielfältigen, in diesem Sinne wird IT *ubiquitärer*. Aufgrund der geschilderten Entwicklungen soll sie dabei gleichwohl *unmerklicher*, *unspürbarer*, *unauffälliger* werden. Auch *historisch* lässt sich dies reformulieren. Wird die Entwicklung zu UbiComp als Miniaturisierungs- oder als Vermehrungsgeschichte von Informationstechnologie erzählt, dann handelt es sich hierbei um auf Steigerung angelegte Entwicklungen, die nicht zu einem finalen Zustand tendieren.

Die Konsequenz ist: UbiComp als Steigerungstechnologie hat keinen datierbaren Anfang, noch weniger allerdings einen finalen Zielzustand. Es gibt keinen technischen Knall, keinen zentralen technischen Durchbruch. Technische Entwicklungen und Durchbrüche gehören zwar auch zur Entwicklung des Ubiquitous Comput-

ing, aber UbiComp ist weder ein technisches Gerät (zu UbiComp gehören ebenso, wenn nicht mehr noch die genannten Konzepte und die Idee eines neuen Computing), noch ist es von *einem* zentralen Entwicklungsstrang abhängig (Errungenschaften können unabhängig voneinander auf der Ebene etwa der Miniaturisierung, des maschinellen Lernens oder der Sensorik erfolgen). Unsere Argumentation geht nicht von der Voraussetzung aus, dass die Steigerungen jeweils messbar sind. Signifikante Merkmale ubiquitärer Systeme wie Unspürbarkeit, Intelligenz oder Adaptivität sind kaum messbar, ihr Erfolg lässt sich dadurch nur schwer absolut bestimmen. Für Vergleiche eignen sie sich dennoch.

In den letzten 20 Jahren ist IT kleiner, leichter und energieeffizienter geworden. Wir tragen sie in Form von Tablet-Computern, Smartphones, MP3-Playern oder auch elektronischen Etiketten in der Kleidung mit uns herum. Der Umgang mit ihr ist gewohnter und mehr von den Nutzern ausgehend gestaltet worden – die Informationstechnik ist dadurch weniger auffällig. Navigationsgeräte mit GPS-Empfängern sorgen im Automobil für eine korrekte Lokalisierung und weisen uns darauf hin, wenn wir die geplante Route verlassen. Die dem Fahrer gebotene Schnittstelle des Automobils bietet dadurch intelligentere Unterstützung. Trainingscomputer in modernen Sportgeräten stellen das Trainingsprogramm auf Eingaben des jeweiligen Benutzers ein und passen es im Verlauf des Trainings bestimmten Sensordaten wie etwa der Herzfrequenz entsprechend an. Sie werden dadurch *adaptiver*. Es handelt sich beim Ubiquitous Computing **nicht um ein zweiwertiges Prädikat** (entweder ist etwas UbiComp oder nicht), sondern um eine Steigerungstechnologie. Computersysteme und ihre Anwendungen sind in den vergangenen 20 Jahren ubiquitärer geworden und werden es in Zukunft wohl auch weiterhin werden. Die gegenwärtige Perspektive erscheint mehr als permanenter Übergang zu mehr Ubiquität denn als Übergangsphase.

6 Diskussion und Ausblick

Zumindest zwei Fragen liegen angesichts unserer Argumentation nahe. Mit einigen Andeutungen zu diesen wollen wir unseren Beitrag schließen:

1. Gibt es eine gerechtfertigte Rede von technischer Revolution? Wie gesehen, haben wir uns eingangs auf das politische Revolutionskonzept bezogen, wie es in der Moderne entstand. Danach bedeutet Revolution eine scharfe Zäsur, mit Blick auf die ein epochaler Unterschied hervortritt: eine andere Welt, eine andere Zeitordnung. Kann es angesichts dieser Semantik also eine angemessene Verwendung dieser historischen Kategorie geben? Betrachten wir dazu die eingangs eingeführten Dimensionen von Idee, Forschung und Entwicklung sowie technischen Geräten als allgemeine Technologiedimensionen, die nicht nur im UbiComp gegeben sind. Hinsichtlich jeder Ebene lässt sich nun die Frage stellen, ob die Rede von einer Revolution für sie angemessen ist. Für das Ubiquitous Computing haben wir festgestellt, dass die Idee einer solchen IT durchaus als Revolution betrachtet werden kann.⁵ In Bezug auf die Forschungs- und Entwicklungsebene wie in Bezug auf aktuelle technische Geräte haben wir dies allerdings ausgeschlossen. Ein technisches Gerät kann nicht UbiComp sein. Für andere Technologien gilt dieser Ausschluss nicht. Sehr wohl kann ein „Gerät“ ein Nano-Device sein oder eines, das „biologisch synthetisch“ ist. Hier kann es jähe Durchbrüche geben. Dies ist mit Blick auf UbiComp nicht im gleichen Maße der Fall; man erkennt hier eine Spezifität von UbiComp: Eine Revolution in diesem Sinne ist kategorisch ausgeschlossen. Ob und in welchem Maße andere Technologien einen solchen, auf Steigerung angelegten Charakter aufweisen, bleibt zu untersuchen.
2. Welche Konsequenzen, etwa für die Technikfolgenabschätzung, hat die vorgeschlagene Argumentation? Unseres Erachtens besteht das größte Potenzial in der vorgeschlagenen Unterscheidung der Dimensionen und deren Zusammenhang. Sowohl die Analyseebene als auch die Kommunikation über „neue“ Technologien als auch die Historisierung von Technik können davon profitieren. Ein technisches Gerät hat einen historischen Horizont, von dem her es seine Bedeutung gewinnt. Ebenso gewinnt eine programmatische Idee ihre Bedeutung aus den aktuell existierenden Realisierungen.

gen. Es ist also stets – schwer kontrollierbar – mehr im Spiel – sei es, wenn über die Idee einer Technologie, sei es, wenn über ein technisches Gerät gesprochen wird. In diesem Sinne mag die Differenzierung der Dimensionen in der Technikkommunikation eine größere Transparenz herstellen, in der Analyse Besonderheiten einzelner Technologien besser sichtbar machen und historisch zu einer reicheren und kritischeren Semantik führen.

Anmerkungen

- 1) Stefan Winter forscht an der TU Darmstadt in der DEEDS Group (Dependable, Embedded Systems & Software Group) des Fachbereichs Informatik.
- 2) Oder aber sozialwissenschaftlich erforscht: Die Funktion solcher prospektiven Geschichtsschreibungen ist Thema insbesondere der *Sociology of Expectation*. Dabei werden Erwartungen, die sich auf Erwartungen stützen (und die die Struktur einer selbsterfüllenden Prophezeiung haben) zum Erklärungsmodell (vgl. etwa Borup et al. 2006 und Konrad 2004. Kritik speziell an der unterstellten Unausweichlichkeit des Ubiquitous Computing äußert Adamowsky 2003).
- 3) Vgl. dazu Wrobel et al. 2003, S. 518–520; Alpaydin 2004, S. 3.
- 4) Vgl. Gurevych, Mühlhäuser 2008, S. XX.
- 5) Wir lassen hierbei allerdings einen wichtigen Punkt aus: Dass zur Revolution die Plötzlichkeit gehört. Je nachdem wie grob oder feinaufgelöst man eine Geschichte betrachtet, wird man weniger oder mehr Vorläufer und Kontinuitäten finden. In dieser Skalierung liegt daher eine Relativität der Revolutionskategorie.

Literatur

- Adamowsky, N., 2003: Smarte Götter und magische Maschinen: Zur Virulenz vormoderner Argumentationsmuster in Ubiquitous-computing-Visionen. In: Mattern, F. (Hg.): Total vernetzt: Szenarien einer informatisierten Welt. Berlin, S. 231–247
- Alpaydin, E., 2008: Maschinelles Lernen. München
- Bell, G.; Dourish, P., 2007: Yesterday's Tomorrows: Notes on Ubiquitous Computing's Dominant Vision. In: Personal and Ubiquitous Computing, S. 11/2 (2007), S. 133–143
- Borup, M.; Brown, N.; Konrad, K. et al., 2006: The Sociology of Expectations in Science and Technology.

gy. In: *Technology Analysis & Strategic Management* 18/3-4 (2008), S. 285–298

Encarnação, J.; Mühlhäuser, M.; Wichert, R., 2007: Ambient Intelligence – Forschung und Anwendung. In: *thema FORSCHUNG*. TU Darmstadt 1 (2007), S. 4–14

Fleisch, E.; Mattern, F. (Hg.), 2005: *Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis. Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen*. Berlin

Gurevych, I.; Mühlhäuser, M., 2008: Preface. In: Mühlhäuser, M.; Gurevych, I.; Aitenbichler, E. (Hg.), *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. New York, S. xix–xl

Herrtwich, R.; Holfelder, W., 2001: Das vernetzte Automobil. In: *IT'S T.I.M.E. Technology. Innovation. Management. Engineering* 1/1 (2001), S. 37–40

Hubig, Chr., 2002: *Mittel*. Bielefeld

Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2009: *Intelligente Objekte – klein, vernetzt, sensitiv. Eine neue Technologie verändert die Gesellschaft und fordert zur Gestaltung heraus*. Heidelberg (acatech bezieht Position Nr. 5)

Kaminski, A., 2008: Technisierung/Habitualisierung – ein ungeklärt enges Verhältnis. In: Gethmann, C.F. (Hg.): *Proceedings: Lebenswelt und Wissenschaft. XXI. Deutscher Kongress für Philosophie. DGPhil*; http://www.dgphil2008.de/fileadmin/download/Sektionsbeitraege/18-2_Kaminski.pdf (download 7.11.11)

Kaminski, A., 2010: *Technik als Erwartung. Formen des Erwartens als Perspektive einer allgemeinen Techniktheorie*. Bielefeld

Konrad, K., 2004: *Prägende Erwartungen. Szenarien als Schrittmacher der Technikentwicklung*. Berlin

Koselleck, R., 1979: *Vergangene Zukunft. Zur Semantik geschichtlicher Zeiten*. Frankfurt a. M.

Leutner, D., 2002: Adaptivität und Adaptierbarkeit multimedialer Lehr- und Informationssysteme. In: Issing, L.; Klimsa, P. (Hg.): *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim, S. 139–149

Locquenghien, K. von, 2006: On the Potential Social Impact of RFID-Containing Everyday Objects. In: *Science, Technology & Innovation Studies* 2 (2006), S. 57–78

Lyarder, F., 2008: Ambient Learning. In: Mühlhäuser, M.; Gurevych, I.; Aitenbichler, E. (Hg.): *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. New York, S. 530–549

Mattern, F., 2003: Vom Verschwinden des Computers. Die Vision des Ubiquitous Computing. In: Mattern, F. (Hg.): *Total vernetzt. Szenarien einer informatisierten Welt*. Berlin, S. 1–42

Mattern, F., 2007a: Acht Thesen zur Informatisierung des Alltags. In: Mattern, F. (Hg.): *Die Informatisierung des Alltags. Leben in smarten Umgebungen*. Berlin, Heidelberg, S. 11–16

Mattern, F., 2007b: Vorwort. In: Mattern, F. (Hg.): *Die Informatisierung des Alltags. Leben in smarten Umgebungen*. Berlin, Heidelberg, S. V–VI

Merleau-Ponty, M., 1966: *Phänomenologie der Wahrnehmung*. Berlin

Mühlhäuser, M.; Gurevych, I., 2008: Introduction to Ubiquitous Computing. In: Mühlhäuser, M.; Gurevych, I.; Aitenbichler, E. (Hg.): *Handbook of Research on Ubiquitous Computing Technology for Real Time Enterprises*. New York, S. 1–37

Schmidt, A., 2007: Eingebettete Interaktion – Symbiose von Mensch und Information. In: Mattern, F. (Hg.): *Die Informatisierung des Alltags. Leben in smarten Umgebungen*. Berlin, S. 77–101

Weiser, M., 1991: The Computer for the 21st Century. In: *Scientific American* 2 (1991), S. 94–104

Weyer, J., 2006: Die Zukunft des Autos – das Auto der Zukunft. Wird der Computer den Menschen ersetzen? Arbeitspapier Nr. 14; <http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/Medienpool/Arbeitspapiere/ap-soz14.pdf> (download 22.11.11)

Wiegerling, K.; Heesen, J.; Siemoneit, O. et al., 2008: Ubiquitärer Computer – Singulärer Mensch. In: Klumpp, D.; Kubicek, H.; Roßnagel, A. et al. (Hg.): *Informationelles Vertrauen für die Informationsgesellschaft*. Berlin, S. 71–84

Wright, S.; Steventon, A., 2007: Smarte Umgebungen – Vision, Chance und Herausforderung. In: Mattern, F. (Hg.): *Die Informatisierung des Alltags. Leben in smarten Umgebungen*. Berlin, Heidelberg, S. 17–38

Wrobel, St.; Morik, K.; Joachims, T., 2003: Maschinelles Lernen und Data Mining. In: Görz, G.; Röllinger, C.-R.; Schneeberger, J. (Hg.): *Handbuch der künstlichen Intelligenz*. München, S. 517–597

Kontakt

Dr. Andreas Kaminski
TU Darmstadt
Institut für Philosophie
S3/13 237, Schloss, 64283 Darmstadt
Tel.: +49 (0) 61 51 / 16 - 46 27
E-Mail: kaminski@phil.tu-darmstadt.de

